

29 P 5172

B 16



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Patentschrift  
10 DE 195 35 481 C 1

61 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
H 02 N 2/12  
B 06 B 1/06

21 Aktenzeichen: 195 35 481.8-32  
22 Anmeldetag: 23. 9. 95  
43 Offenlegungstag: —  
46 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 3. 7. 97

DE 195 35 481 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 39106  
Magdeburg, DE

72 Erfinder:  
Bätge, Jürgen, Doz. Dr.-Ing.habil., 39112  
Magdeburg, DE; Goetze, Roland, Dr., 39128  
Magdeburg, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

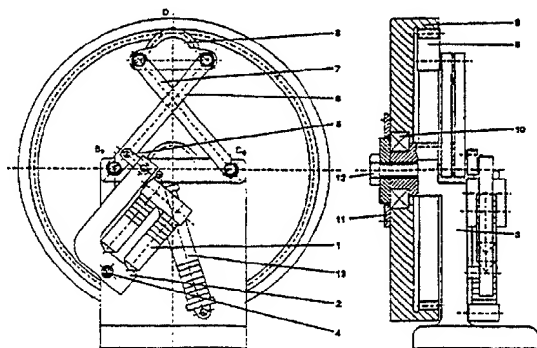
DE 43 30 032 A1  
DE 33 09 239 A1  
DE 32 13 348 A1  
US 50 68 565  
EP 04 49 048 A1  
EP 02 97 574 A1  
EP 01 69 297 A2

ANGER, H.-H.: Piezokeramische Vibromotoren. In:  
Feingerätetechnik 1983, Nr.10, S.470-473;

KALLENBACH, Eberhard u.a.: Gerätetechnische  
Antriebe, Berlin, Verlag Technik GmbH 1991,  
S.63-78;  
HAGEDORN, Peter u.a.: Der Ultraschall-Wander-  
wellenmotor, neue Ergebnisse. In VDI Fort-  
schrittsberichte 1993, Nr.179, S.157-167;

54 Piezoelektrische Antriebseinheit zur Erzeugung rotatorischer oder translatorischer Abtriebsbewegungen  
mittels längsschwingender piezoelektrischer Aktoren

57 Die Kraftübertragung zwischen längsschwingenden piezo-  
elektrischen Aktoren und dem Abtriebsglied erfolgt üblicher-  
weise durch Reibschluß. Neben dem konstruktiven Aufwand  
für dafür nötige Erzeugung der Normalkräfte führt dies zu  
hohem Verschleiß an der Reibstelle.  
Diese Probleme werden vermieden, indem ein oder mehrere  
translatorisch oszillierende, piezoelektrische Aktoren 1 ein-  
zelnen oder kombiniert jeweils zwischen zwei Gliedern eines  
ebenen, im Grundaufbau zwangsläufigen Koppelgetriebes  
mit Dreh-, Schub- und/oder Kurvengelenken angeordnet  
sind und ein Glied des Koppelgetriebes, vorzugsweise eine  
allgemein bewegte Ebene 8, so ausgelegt ist, daß ein Punkt  
dieses Gliedes 8 während eines Schwingungszyklus der  
vorgenannten Aktoren eine Kurve beschreibt, die minde-  
stens in einem Kurvenabschnitt näherungsweise ein Kreis-  
bogen ist. Wenn ein an dem vorgenannten Glied im Bereich  
des von ihm durchlaufenen näherungsweise kreisabschnitts-  
förmigen Kurvenbereichs ein profiliertes Element ange-  
ordnet ist, kann dieses Element mit seinem Profil im Bereich  
des von ihm durchlaufenen näherungsweise kreisabschnitts-  
förmigen Kurvenbereichs formschlüssig in Eingriff mit einem  
entsprechend gestaltertem Profil eines Abtriebsgliedes 9  
oder einer Abtriebsgliedergruppe treten. Durch Wiederho-  
lung dieses Vorganges in den nächsten Schwingungszyklen  
der vorgenannten Aktoren erfolgt eine vorzugsweise rotato-  
rische, d. h. umlaufende oder schwingende Abtriebsbewe-  
gung.



DE 195 35 481 C 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine piezoelektrische Antriebseinheit zur Erzeugung rotatorischer oder translatorischer Abtriebsbewegungen mittels längsschwingender piezoelektrischer Aktoren gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Unter einer piezoelektrischen Antriebseinheit soll im folgenden eine Antriebseinheit verstanden werden, in der der indirekte piezoelektrische Effekt genutzt wird, um durch Beaufschlagung mit einer elektrischen Feldstärke eine mechanische Deformation eines piezoelektrischen Aktors zu erzeugen.

Aus der US-PS 5068565 ist eine piezoelektrische Antriebseinheit bekannt, bei der die oszillierende translatorische Bewegung von Aktoren einem profilierten Rotor eine kontinuierliche Drehbewegung verleiht. Hierzu sind die Aktoren jeweils zwischen einer Schwinge eines ebenen Koppelgetriebes und einem Gestellpunkt angeordnet. Dabei ist ein Rollenhebel als Glied des Koppelgetriebes so ausgelegt, daß ein Punkt des Rollenhebels während eines Schwingungszyklus der Aktoren eine Koppelkurve beschreibt, die mindestens in einem Kurvenabschnitt näherungsweise ein Kreis ist.

Die Bewegungsumwandlung entsprechend der US-PS 5068565 beruht, wie insbesondere aus der dortigen Fig. 3 hervorgeht, auf einer auf Kraftschluß beruhenden Keilwirkung. Die Verwendung von kreisförmig um einen Rotor herum angeordneten Aktoren setzt im übrigen eine größere Anzahl von Aktoren voraus, was den Preis der Antriebseinheit nachteilig beeinflusst. Da die Lösung gem. US-PS 5068565 nach ihrer eindeutigen Zweckbestimmung der Konversion von Oszillationsbewegungen im Mikroamplituden-Bereich dient, erfordert sie zudem sehr große Übersetzungen und damit, auch wegen der großen Aktozanahl, eine aufwendige Steuerung.

Ausgehend von der Lösung gem. US-PS 5068565 liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Antriebseinheit zur Erzeugung rotatorischer oder translatorischer Abtriebsbewegungen mittels längsschwingender piezoelektrischer Aktoren zu schaffen, die eine auf Kraftschluß beruhende Keilwirkung bei der Wandlung der Bewegung der oszillierenden Aktoren vermeidet. Diese Aufgabe soll insbesondere mit einer sehr kleinen Anzahl von Aktoren gelöst werden. Zugleich soll mit der Erfindung erreicht werden, daß die Antriebseinheit nicht an bestimmte Erregerfrequenzen gebunden ist oder die Nachteile einer Friktionskopplung (Verschleiß usw.) aufweist. Die Ansteuerung der Aktoren ist nicht Gegenstand der Erfindung.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch eine piezoelektrische Antriebseinheit gemäß dem Kennzeichen des Hauptanspruchs gelöst. Verschiedene vorteilhafte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Einrichtung sind in den zugehörigen Unteransprüchen angegeben.

Die erfindungsgemäße Lösung wird einschließlich ihrer Funktionsweise nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. In der zugehörigen Zeichnung zeigen:

Fig. 1a bis Fig. 1d eine schematische Darstellungen zur Verdeutlichung der Funktion wesentlicher Baugruppen bei einer Grundkonfiguration sowie verschiedenen Varianten der piezoelektrischen Antriebseinheit,

Fig. 2a eine Prinzipdarstellung einer konstruktiven Ausführungsform der piezoelektrischen Antriebseinheit, konzipiert für eine umlaufende Koppelenebene,

Fig. 2b die Seitenansicht zu Fig. 2a,

Fig. 3a eine Prinzipdarstellung einer konstruktiven Ausführungsform der piezoelektrischen Antriebseinheit, konzipiert für eine nicht umlaufende Koppelenebene,

Fig. 3b die Seitenansicht zu Fig. 3a.

Gemäß Fig. 1a wird ein Koppelgetriebe in der Konfiguration einer symmetrischen Doppelschwinge als Übertragungseinheit verwendet, deren gleichlange Schwingen b und c sich so kreuzen, daß der Kreuzungsmittelpunkt auf der Mittelsenkrechten der Strecke  $B_0C_0$  liegt. Die Schwingen b und c sind in den Punkten C und B der Koppelenebene CBD mit dem Koppelglied d verbunden.

Wird nun ein piezoelektrischer Aktor 1, der zwischen dem Gestellpunkt  $A_0$  und der Schwinge b angeordnet ist, so erregt, daß er in Längsrichtung schwingt, so wird die Schwinge b oder c ebenfalls in eine Schwingbewegung um den Punkt  $B_0$  oder  $C_0$  versetzt.

Infolge dieser Schwingbewegung beschreibt der Koppelpunkt D des Koppelgliedes d bei entsprechender Wahl der Gliedlängen und der Gelenkpunkte eine Koppelkurve  $k_d$ , die in ihrem oberen Teil einem Kreisbogen angenähert ist, dessen Krümmungsmittelpunkt M auf der Mittelsenkrechten der Geraden  $B_0C_0$  liegt. Im unteren Teil der Koppelkurve wird der Koppelpunkt D wieder zurückgeführt, so daß sich ein geschlossener Kurvenzug ergibt. Die Länge des kreisförmigen Bogenstückes wird durch die Gliedlängen bestimmt. Versieht man einen Teil der Koppelenebene CBD so mit einer Verzahnung oder einem adäquaten, ebenfalls Formschluß gewährleistenden Profil in der Weise, daß dieses in ein innenprofiliertes Rad eingreift, dessen Drehpunkt mit dem Punkt M identisch ist, so wird die Schwingbewegung in eine Rotation umgewandelt, die über das Rad abgegriffen werden kann.

Über die Erregerfrequenz ist die Drehzahl des Abtriebsrades zu beeinflussen.

Der Schwingenwinkel der Doppelschwinge kann erweitert werden, wenn der Weg des piezoelektrischen Aktors durch eine Wegübersetzung, beispielsweise einen Winkelhebel  $a_1$  gemäß Fig. 1b, vergrößert wird.

Um Strecklagen des Getriebes zu überfahren, kann gemäß Fig. 1c jede der Schwingen b und c durch je einen Aktor 1a und 1b phasenverschoben in Schwingung versetzt werden.

Um den Koppelpunkt D auch bei kleineren Schwingenwinkel außer Eingriff zu bringen, wird ein weiterer Aktor 1h so angeordnet, daß die Lage des Gestellpunktes  $C_0$  verändert werden kann, wie Fig. 1d zeigt.

Da es sich bei dieser Konstruktion der Antriebseinheit um ein ebenes Getriebe handelt, ist die Kontaktzone Koppel/Abtriebsrad in dem Bereich, wo die Krümmungsradien des Kontaktpunktes des Rades 9 (vgl. Fig. 2a) und des Koppelpunktes D übereinstimmen, als Fläche ausgebildet. Durch Wahl der Breite der Zone kann die Flächenpressung so reduziert werden, daß der Verschleiß minimiert ist.

In den beiden folgenden Beispielen werden anhand der Fig. 2a bis Fig. 3b weitere Details der Erfindung beschrieben, wobei auf eine Darstellung der Ansteuerung und Verdrahtung der Aktoren verzichtet wird.

Die in Fig. 2a dargestellte Variante betrifft den Fall, daß die Koppelenebene 8 bei der Rückkehrbewegung außer Eingriff ist. Fig. 2b zeigt die zugehörige Seitenansicht. Ein Ständer 3 nimmt zwei piezoelektrische Aktoren 1 auf, die wechselseitig so auf den Winkelhebel 2 wirken, daß dieser eine Schwingbewegung um die Achse 4 ausführt. Diese Schwingung wird durch das Verbin-

dungsstück 5 auf die symmetrische Doppelschwinge mit  
 den Schwingen 6 und 7 übertragen, die ihrerseits mit der  
 Koppel 8 verbunden sind. Diese Koppel 8 ist als Ebene  
 ausgebildet, die an ihrem oberen Punkt D eine Keilver-  
 zahnung besitzt, die formschlüssig in eine gleichartige  
 Verzahnung des innenverzahnten Rades 9 eingreift. Das  
 Rad 9 ist auf einem Wälzlager 10 gelagert, wobei der  
 Lagermittelpunkt so angeordnet ist, daß er mit dem  
 Krümmungsmittelpunkt des Koppelpunktes D über-  
 einstimmt, d. h. auf der Mittelsenkrechten der Verbin-  
 dungslinie der Gestellpunkte B<sub>0</sub> und C<sub>0</sub> liegt. Das Rad 9  
 ist fliegend im Ständer 3 gelagert, wird über die Scheibe  
 11 und die Schraube 12 fixiert und dient als Abtriebs-  
 element, an das weitere Glieder angeschlossen werden  
 können.

Die Doppelschwinge gewährleistet, daß der Punkt D  
 der Koppel 8 sich auf einer zyklischen Bahn bewegt, die  
 teilweise einen kreisförmigen Abschnitt aufweist. Auf  
 diesem Abschnitt greift der Punkt D infolge der Verzah-  
 nung in das Rad 9 ein und bewegt dies weiter. Dann  
 verläßt er den kreisförmigen Abschnitt und kehrt außer  
 Eingriff zurück, um dort mit dem Rad 9 wieder in Ein-  
 griff zu kommen. Der Vorgang wiederholt sich. Damit  
 bei kleinem Schwingenwinkel die Verzahnung sicher  
 außer Eingriff kommt, ist ein weiterer piezoelektrischer  
 Aktor 13 so angeordnet, daß in Abhängigkeit von der  
 Ansteuerung der Aktoren 1 die Lage des Gestellpunk-  
 tes C<sub>0</sub> entsprechend verändert wird.

Auf diese Weise rotiert das Rad 9 und kann seiner-  
 seits als Antrieb für weitere Übertragungsglieder oder  
 Effektoren dienen.

Die in Fig. 3a dargestellte Variante betrifft den Fall,  
 daß die Koppelene 8 keine umlaufende Bewegung  
 ausführt sondern nur schwingt. Fig. 3b zeigt die zugehö-  
 rige Seitenansicht. Die Koppelene 8 ist in diesem Fall  
 mit einem verzahnten Rad 14 versehen, bei dem durch  
 eine geeignete Vorrichtung, z. B. ein Gesperre 15, nur  
 eine Drehrichtung zugelassen wird. Im gesperrten Zu-  
 stand wird das Rad 9 mitgenommen, im ungesperrten  
 Zustand dreht sich das Rad 14 nur um seine Achse.

Weitere vorteilhafte Gestaltungsmöglichkeiten der  
 Erfindung ergeben sich unmittelbar aus den Unteran-  
 sprüchen.

#### Patentansprüche

1. Piezoelektrische Antriebseinheit zur Erzeugung  
 rotatorischer oder translatorischer Abtriebsbewe-  
 gungen mittels längsschwingender piezoelektri-  
 scher Aktoren, bestehend aus den Hauptbaugrup-  
 pen Aktor oder Aktoren, Übertragungsmechanis-  
 mus und Abtriebsglied, wobei

- ein oder mehrere translatorisch oszillieren-  
 de, piezoelektrische Aktoren (1; 1a; 1b) einzeln  
 oder kombiniert jeweils zwischen mindestens  
 einer Schwinge (b; c; 6; 7) eines ebenen, im  
 Grundaufbau zwangsläufigen Koppelgetrie-  
 bes mit Dreh-, Schub-, und/oder Kurvgelen-  
 ken und einem Gestellpunkt angeordnet sind,
- ein Glied (d; 8) des Koppelgetriebes, so aus-  
 gelegt ist, daß ein Punkt (D) dieses Gliedes  
 während eines Schwingungszyklus der vorge-  
 nannten Aktoren eine Koppelkurve k<sub>d</sub> be-  
 schreibt, die mindestens in einem Kurvenab-  
 schnitt näherungsweise ein Kreisbogen ist, da-  
 durch gekennzeichnet, daß an dem vorge-  
 nannten Glied (d; 8) im Bereich des mindestens  
 abschnittsweise annähernd einen Kreisbogen

beschreibenden Punktes (D) ein profiliertes  
 Element angeordnet ist, das während eines  
 vorgenannten Schwingungszyklus

a) mit seinem Profil im Bereich des von ihm  
 durchlaufenen näherungsweise kreisab-  
 schnittsförmigen Kurvenbereichs der Koppel-  
 kurve k<sub>d</sub> formschlüssig in Eingriff mit einem  
 entsprechend gestaltetem Profil eines Ab-  
 triebsgliedes (9) oder einer Abtriebsglieder-  
 gruppe tritt,

b) dieser Eingriff nach Verlassen des nähe-  
 rungsweise kreisabschnittsförmigen Kurven-  
 bereichs der Koppelkurve k<sub>d</sub> gelöst wird und

c) dieser Vorgang mit dem nächsten Schwin-  
 gungszyklus der vorgenannten Aktoren wie-  
 derholt wird, um eine Abtriebsbewegung zu  
 erzeugen.

2. Piezoelektrische Antriebseinheit nach Anspruch  
 1 gekennzeichnet dadurch, daß die Aktoramplitude  
 durch ein Wegübersetzungssystem (a<sub>1</sub>) vergrößert  
 wird.

3. Piezoelektrische Antriebseinheit nach Anspruch  
 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß auch weitere  
 Getriebeglieder durch Aktoren angetrieben wer-  
 den.

4. Piezoelektrische Antriebseinheit nach einem der  
 Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die  
 Lage von Gestellpunkten durch Aktoren verändert  
 wird.

5. Piezoelektrische Antriebseinheit nach einem der  
 Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die  
 Drehzahl oder Schwingfrequenz eines Abtriebsra-  
 des (9) durch die Erregerfrequenz der Aktoren va-  
 riiert wird.

6. Piezoelektrische Antriebseinheit nach einem der  
 Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die  
 Position des Abtriebsrades (9) oder nachgeord-  
 neter Glieder durch Zählen der Erregerimpulse er-  
 mittelt bzw. vorgegeben wird.

7. Piezoelektrische Antriebseinheit nach einem der  
 Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß  
 Drehgelenke durch Feder- oder Festkörpergelenke  
 ersetzt sind.

8. Piezoelektrische Antriebseinheit nach Anspruch  
 1, dadurch gekennzeichnet, daß mehr als ein Kop-  
 pelgetriebe auf das Abtriebsglied einwirkt.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

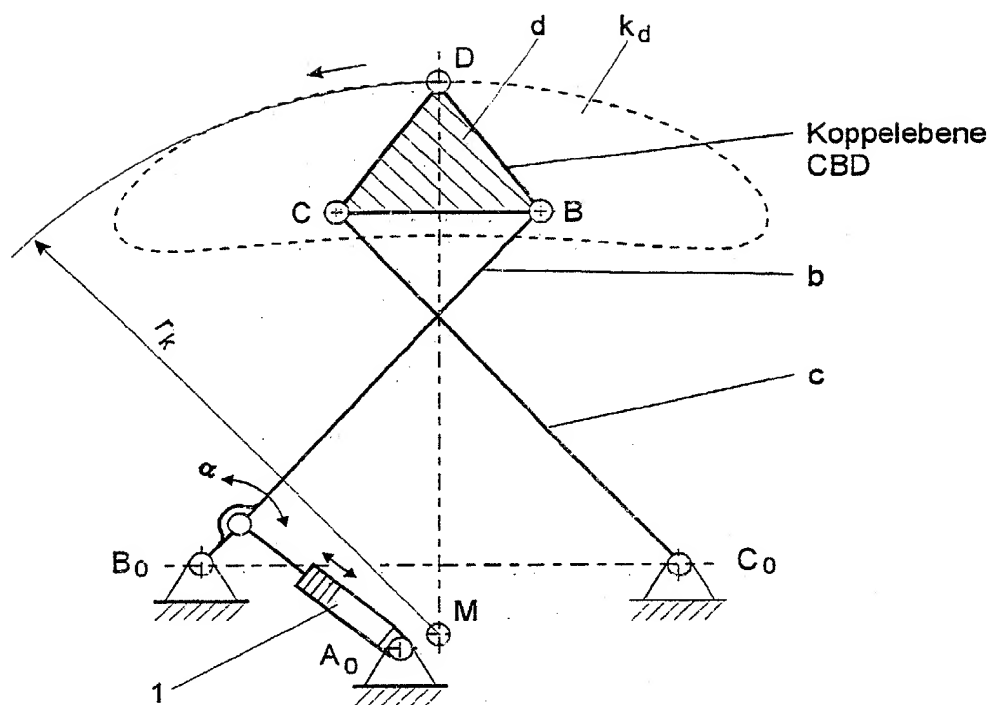


Fig. 1a

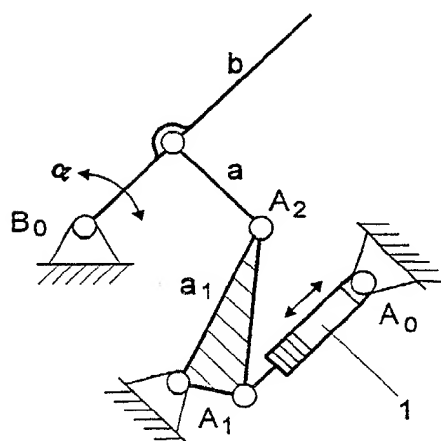


Fig. 1b

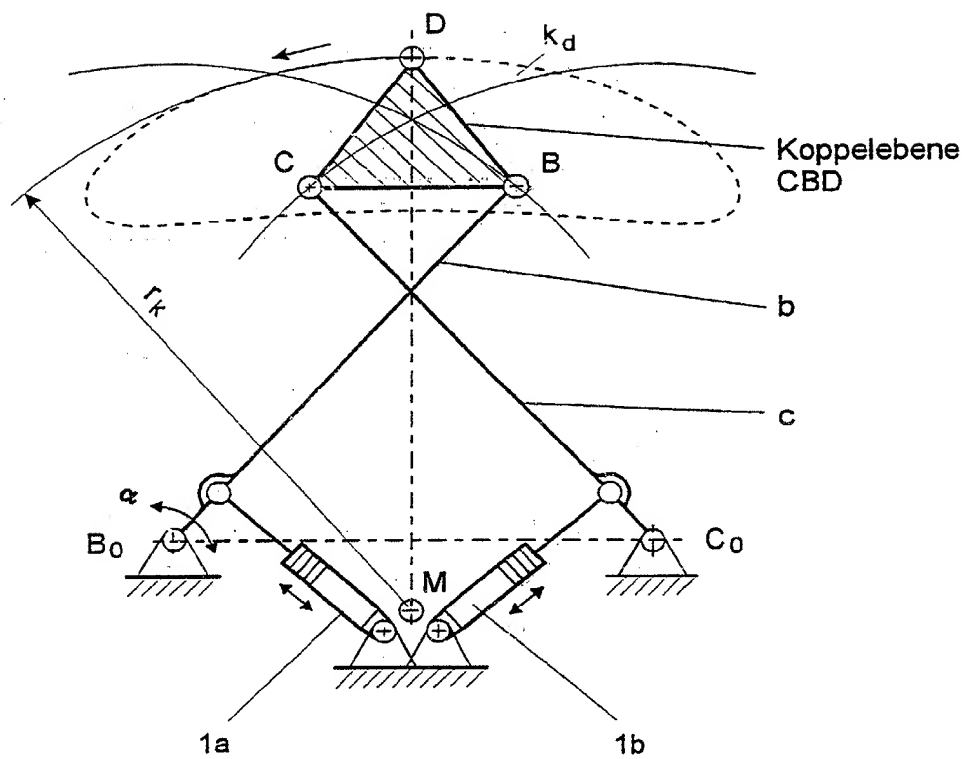


Fig. 1c

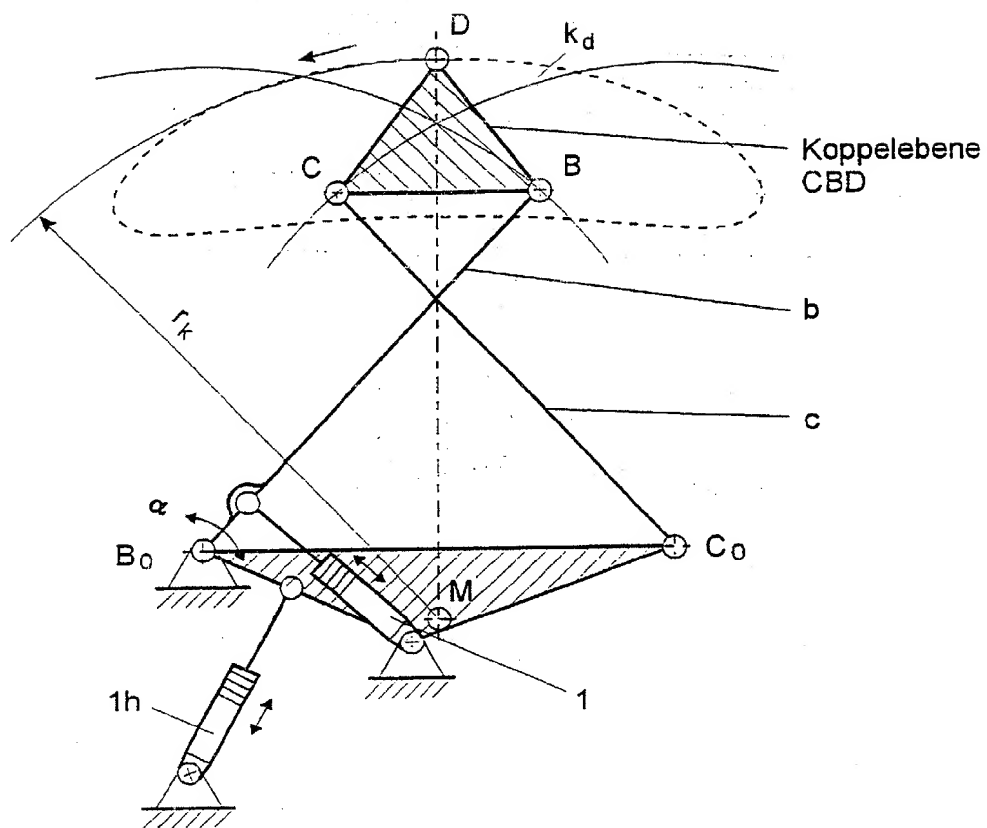


Fig. 1d

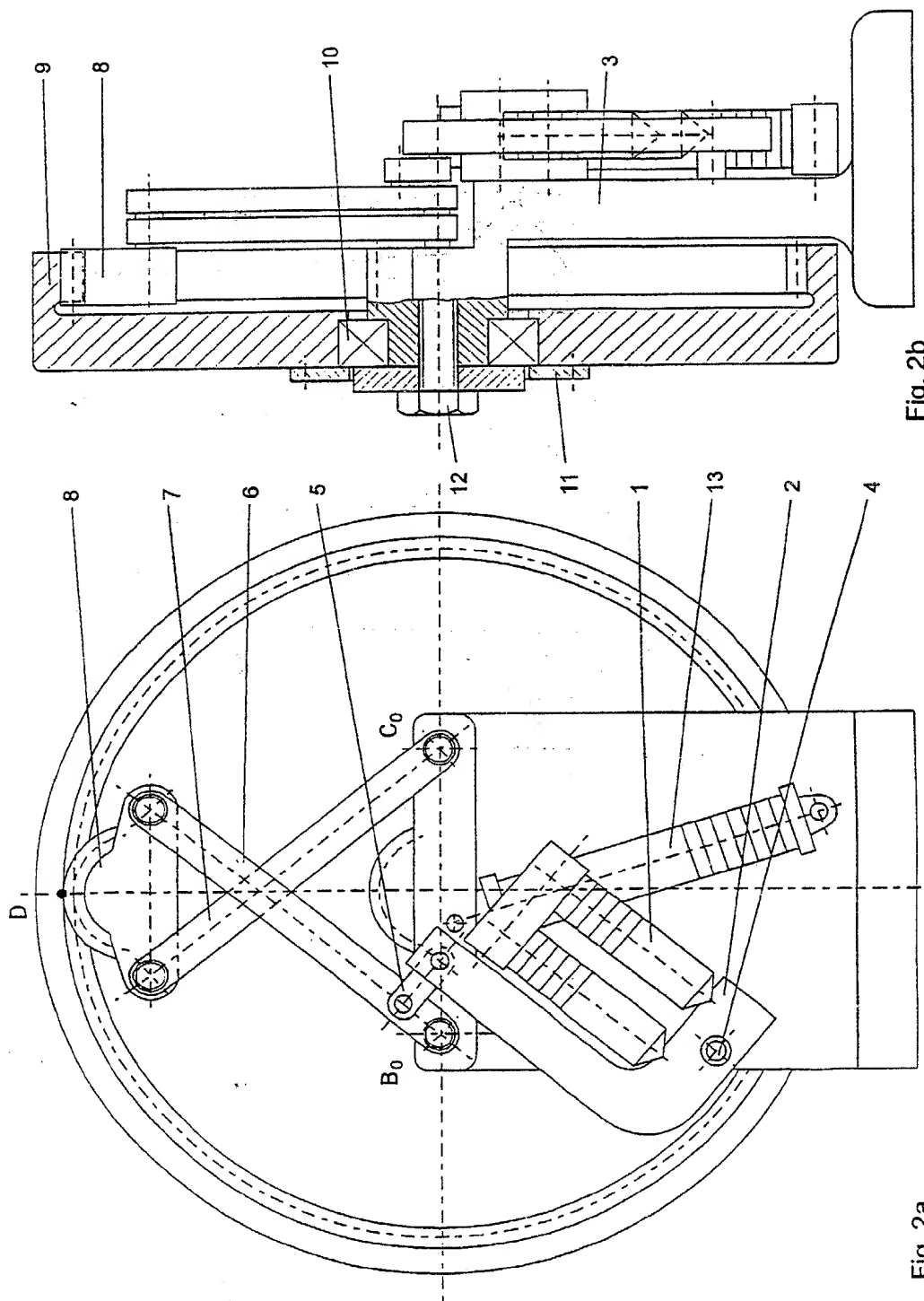


Fig. 2b

Fig. 2a

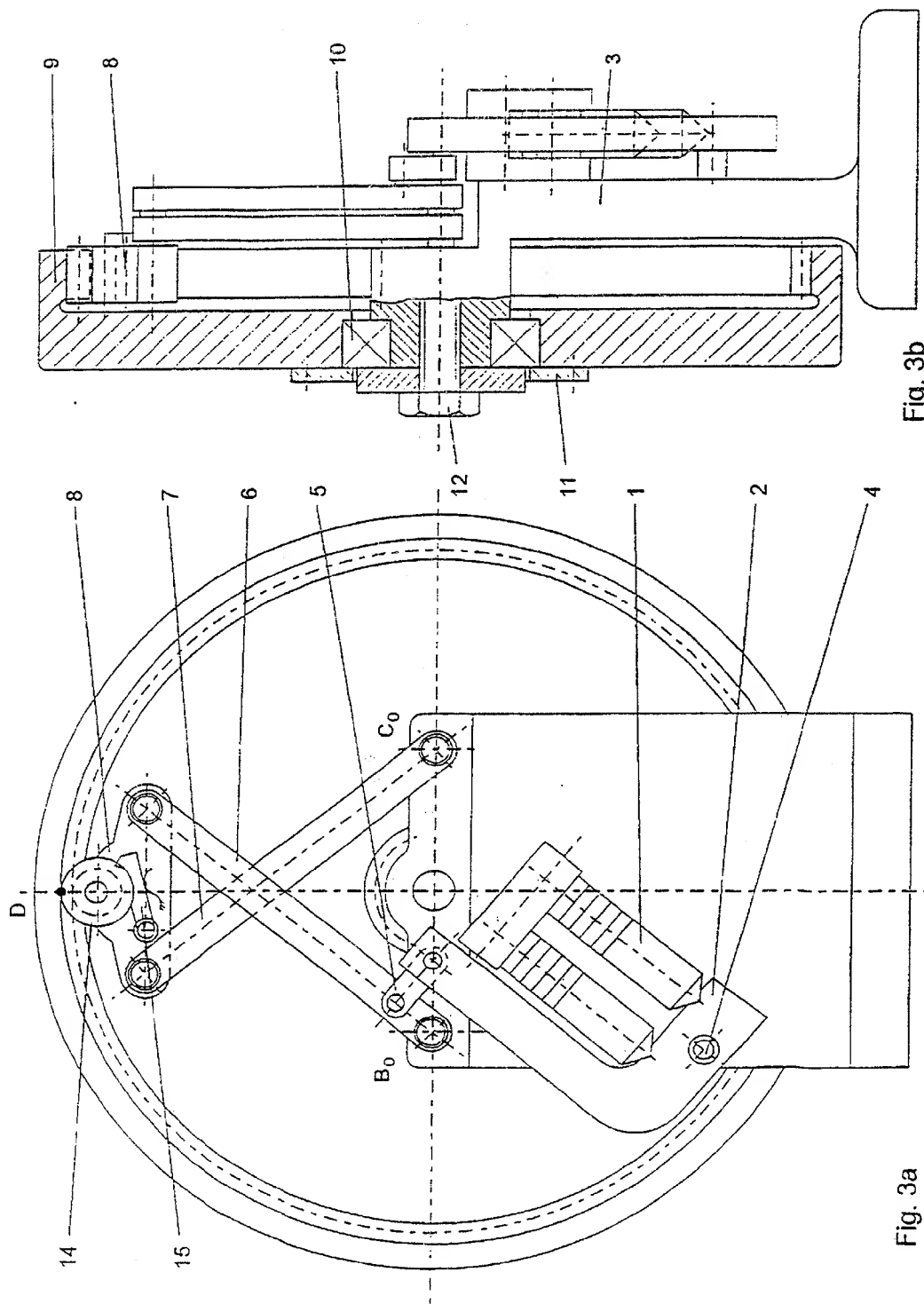


Fig. 3a

Fig. 3b



4/9/1

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI  
(c) 2002 Thomson Derwent. All rts. reserv.

011355725 \*\*Image available\*\*  
WPI Acc No: 1997-333632/\*199731\*  
XRPX Acc No: N97-276800

**Vibrating indirect piezoelectric effect type drive unit for forming  
rotary or translational output movements - achieves rotation of  
internally toothed wheel by repetitive engagement and disengagement of  
coupling element executing arcuate movements.**

Patent Assignee: UNIV MAGDEBURG VON GUERICKE OTTO (UYMA-N)

Inventor: BAETGE J; GOETZE R

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat. No	Kind	Date	Week
DE 19535481	C1	19970703	DE 1035481	A	19950923	199731 B

Priority Applications (No Type Date): DE 1035481 A 19950923

Patent Details:

Patent No	Kind	Lang	Pg	Main IPC	Filing Notes
DE 19535481	C1		8		

Abstract (Basic): DE 19535481 C

The driver incorporates a number of piezoelectric actuators (1) oscillating in translatory mode either singly or in combination between rocker arms (6,7) and a point (C0) on the frame.

The point of attachment (D) of a coupling element (8) describes a circular arc during each cycle of the oscillation. This point engages the internal teeth of a wheel (9) on a roller bearing (10) to rotate it further until the end of the arc is reached. The process is repeated with the aid of another actuator (13) which varies the frame point position.

ADVANTAGE - Wedging effects in the conversion of motion of the oscillating actuators are avoided with a device which is free from frictional wear and is not limited to particular excitation frequencies.

Dwg. 2a, 2b/

3

Title Terms: VIBRATION; INDIRECT; PIEZOELECTRIC; EFFECT; TYPE; DRIVE; UNIT; FORMING; ROTATING; TRANSLATION; OUTPUT; MOVEMENT; ACHIEVE; ROTATING; INTERNAL; TOOTH; WHEEL; REPEAT; ENGAGE; DISENGAGE; COUPLE; ELEMENT; EXECUTE; ARCUATE; MOVEMENT

Derwent Class: P43; V06

International Patent Class (Main): H02N-002/12

International Patent Class (Additional): B06B-001/06

File Segment: EPI; EngPI

Manual Codes (EPI/S-X): V06-D; V06-L01A; V06-M06D1